

## 食品中蛋白质的功能(二)

Protein Functionality in Food Systems( )



# 蛋白质结构与食品功能性质的关系研究

张雪梅, 蒋 雨

(四川农业大学 食品学院, 四川 雅安 625014)

**摘 要:** 本文综述了蛋白质的结构, 以及它与食品中蛋白质功能性质(如: 表面性质、水化性质、凝胶性质等)的关系, 并探讨了食品蛋白质的几种功能性质的影响因素及其在食品加工中的作用。

**关键词:** 蛋白质; 结构; 功能性质; 食品

## Study on the Relationship Between Protein Structure and Functional Properties of Food

ZHANG Xuemei, JIANG Yu

(Food Institute, Sichuan Agricultural University, Sichuan Ya'an 625014, China)

**Abstract:** The protein structure was reviewed, and the article also introduced the relationship between protein structure and functional properties of food (such as: surface properties, the nature of hydration, the gel nature, etc.). Moreover, the influencing factors and the effect in the food processing of several food protein functional properties were investigated.

**Key words:** protein; structure; functional properties; food

中图分类号: TS201.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-8123(2009)05-0071-04

主要论点:

- 1 蛋白质的一级结构, 又称化学结构, 是指氨基酸在肽链中的排列顺序及二硫键的位置, 是多肽链具有共价键的主链结构。蛋白质的一级结构一旦确定, 蛋白质的可能功能也就确定了。
- 2 蛋白质的高级结构一般包括二级结构、三级结构和四级结构。稳定蛋白质空间结构的作用力主要有氢键、范德华力、疏水作用、盐键和二硫键。
- 3 蛋白质的水化是通过蛋白质的肽键和氨基酸侧链与水分子的相互作用来实现的。蛋白质浓度、pH、温度、离子强度和共存的其他组分以及水化时间等是影响蛋白质水化性质的主要因素。
- 4 蛋白质中含有亲水的极性氨基酸残基和疏水的非极性氨基酸残基, 因此能够吸附到分散的油滴和连续的水相之间的界面上, 并影响分散体系的物理和流变性质。

蛋白质是一类结构复杂, 功能多样的大分子。自上个世纪80年代以来, 结构生物化学得到了迅速的发展, 很多研究都表明蛋白质的结构对生物

活性有着重要影响, 其结构的变化将会导致其它性能的变化。血红蛋白的亚基上的第六位的氨基酸由谷氨酸变成了缬氨酸, 结果导致血红蛋白

收稿日期: 2009-03-29

作者简介: 张雪梅(1984-), 女, 四川农业大学 硕士, 攻读专业: 农产品加工与贮藏, 研究方向: 肉品科学与技术, E-mail: merryannan@126.com

的运输氧气的的能力大大降低,并且使得血红细胞呈现镰刀状<sup>[1]</sup>。蛋白质一级结构的变化在食品贮藏和加工过程中也会产生一定的影响,含有较多蛋白质的食品,例如,鱼糜在加工和贮藏过程中,由于组织蛋白酶的作用,蛋白质水解成多肽甚至是氨基酸,而发生软化<sup>[2]</sup>。在实际情况下,很多的蛋白质具有不同的一级结构,却有相似以致于相同的功能性质。根据 Anfinsen 原理<sup>[1,3]</sup>可知蛋白质的一级结构决定其高级结构,而其功能性质多与其空间结构有密切的关联。其中,研究得较为透彻的是酶的结构与功能的关系,酶只有在保持其特有的三维空间结构时,才能具有其特定的催化活性。蛋白质三维空间结构稍有破坏,就很可能导致其生物活性的降低,甚至失活<sup>[4,5]</sup>。在食品贮藏和加工过程中也经常利用酶的这一特性来进行特定的加工处理。绿色蔬菜通常会进行热烫处理,使酚酶及其他相关的酶的高级结构破坏而丧失活性,来达到护绿的目的<sup>[6]</sup>。从另一个角度来说,当我们需要某种酶的活性时,我们就要创造一个让其保持构象的环境。葛世军等<sup>[6]</sup>用酶法对蛋白质进行改性,并研究其功能的变化,表明改性蛋白质的溶解度,乳化性能和乳状液稳定性都发生了不同程度的变化。因此研究蛋白质结构及其变化的条件,不管在分子生物还是食品领域都有很强的指导意义。

### 1 蛋白质结构的定义

每一种蛋白质都有其特定的一级结构和高级结构,这些特定的结构是蛋白质行使其功能的物质基础,蛋白质的各种功能又是其结构的表现。蛋白质的一级结构,又称化学结构,是指氨基酸在肽链中的排列顺序及二硫键的位置,是多肽链具有共价键的主链结构。蛋白质的任何功能都是通过其肽链上各种氨基酸残基的不同功能基团来实现的<sup>[1,3,7]</sup>。所以,蛋白质的一级结构一旦确定,蛋白质的可能功能也就确定了。

然而从某种程度上来说,蛋白质的高级结构比一级结构与功能的关系更大。研究蛋白质结构与功能的关系,从分子水平上认识生命现象的规律,已经成为分子生物学的一个重要领域。蛋白质的高级结构一般包括二级结构、三级结构和四级结构<sup>[4]</sup>。

蛋白质的二级结构是指多肽链中彼此靠近的氨基酸残基之间由氢键相互作用而形成的空间关系,也是指蛋白质分子中多肽链本身的折叠方式,这其中者要有  $\alpha$ -螺旋,它是遗传信息传递与表达

和肽链进一步折叠形成不同构象的分子基础,在球蛋白和纤维蛋白中的螺旋结构是行使特定功能的分子基础<sup>[8]</sup>。其他的还有  $\beta$ -折叠和  $\beta$ -转角。

蛋白质的三级结构指由二级结构元件( $\alpha$ -螺旋、 $\beta$ -折叠、 $\beta$ -转角)构成的总三维结构,还包括一级结构中相距较远的肽段之间的几何相互关系和侧链在三维空间中彼此间的相互关系。

在自然界中很多的蛋白质是以独立折叠得球状蛋白质的聚集体形式存在的,这些球状蛋白质通过非共价键彼此缔合在一起,而形成了蛋白质的四级结构。

如果再细分的话,在蛋白质的二级结构和三级结构之间还有超二级结构和结构域。超二级结构是指在蛋白质中,特别是球状蛋白中,经常看到由若干相邻二级结构单元组合在一起,彼此相互作用,形成有规则的空间上能辨认的二级结构组合体,主要有  $\alpha$ -螺旋、 $\beta$ -折叠和  $\beta$ -转角结构。结构域是指多肽链在二级结构或超二级结构的基础上形成的三级结构的局部折叠区,它是相对独立的紧密球状实体。

### 2 维持蛋白质空间结构的作用力

蛋白质的构象归根结底取决于它的氨基酸序列和周围环境的影响,在形成稳定构象的过程中受到了多种力的作用,当环境变化,稳定蛋白质构象的作用力也会发生一定的变化,使得它的功能性质也会发生改变<sup>[3,7]</sup>。稳定蛋白质空间结构的作用力主要有氢键、范德华力、疏水作用、盐键和二硫键。

### 3 蛋白质结构在食品中的功能性质

蛋白质在食品中的功能性质是指在食品加工、贮藏和销售过程中蛋白质对人们所期望的食品特征作出贡献的那些物理化学性质。

#### 3.1 水化性质

蛋白质的水化是通过蛋白质的肽键和氨基酸侧链与水分子的相互作用来实现的。蛋白质浓度、pH、温度、离子强度和共存的其他组分以及水化时间等是影响蛋白质水化性质的主要因素。蛋白质中的亲水基团能很好的与水结合,当蛋白质的浓度增加时,其吸水量也随之增加。生物机体组织中的 pH 值通常会偏离蛋白质的等电点,使得蛋白质能够或多或少的带上电荷。在食品加工过程中,往往因为加工条件的需要,要改变生物机体组织中的 pH 值。这样的变化将导致蛋白质带电基团的

净电荷的改变,进而引起蛋白质之间的相互作用和空间结构的改变。有研究<sup>[9]</sup>发现,酪蛋白溶液在浓度为20g/L, pH较高时是透明的,但当降低到5.6时溶液变得浑浊,如果此时向溶液中加入盐混浊现象会更为明显,甚至会出现沉淀。这是由于当接近等电点时产生了大量酪蛋白聚合物,导致蛋白质间的静电斥力降低而很容易发生相互作用,产生混浊现象。温度对蛋白质结构的影响主要是因为加热作用增加了蛋白质分子中的能量,使得氢键的形成受到了阻碍,氢键数量的下降使得蛋白质结构变得更为松散,因此能结合更多的水分子,提高了其水化能力。这一性质对于食品加工来说也有一定的指导意义,结构松散的蛋白质暴露了更多的酶切位点,而更易被人体消化和利用。当溶液中加入少量的盐时,盐与表面蛋白质轻微作用,使蛋白质表面积增大来提高其水化能力,这就是蛋白质的盐溶性质。蛋白质的盐析是指加入过多的盐与蛋白质竞争结合水,使得盐与水的作用超过蛋白质与水的作用,蛋白质的水化作用减弱而沉淀析出。

在实际生产过程中,不仅蛋白质的水化性质,食品的持水性也很重要,它在提高食品的食用品质中起到了不可替代的作用。食品中的蛋白质本身的水化能力有限,往往会和其他的物资混合使用来提高食品整体的持水性。研究<sup>[8,10]</sup>发现肌肉蛋白中添加血浆蛋白会产生很好的反应,进而产生一种坚固、稳定的三维网状结构,这种网状结构能够影响它的持水力,在低脂肉糜中肉的截水能力比它的乳胶性质对品质稳定性贡献更大。研究<sup>[11]</sup>也表明血浆蛋白能够使均质食品的加工性能得到很大的提高,通过形成网络结构来提高其热稳定性。向肉糜中添加非肌肉蛋白可以提高它的截水能力,而使其中的脂肪和水更稳定。

### 3.2 黏度

食品中除了水化的固态食品外,多数是具有可变黏度的非固态食品,并且随着流动的增加而降低。流体食品中蛋白质的相对分子质量、体积、结构、对称性、电荷和变形难易程度以及环境因素都会影响它的表观直径,从而影响到流体食品的黏度性质。蛋白质的表观直径增加,蛋白质之间的作用几率增加,因此黏度也会提高。同时,增加蛋白质的浓度,蛋白质间的相互作用加强,黏度也会提高。有研究<sup>[8]</sup>显示牛肉胶样品中添加0.5%微生物谷氨转酰胺酶比那些没有添加的有更好的硬度、粘合性、弹性和咀嚼性,可能是由于肌纤维蛋白间

形成的-( -谷氨酰基)赖氨酰键。

### 3.3 凝胶性质

蛋白质局部变性使得分子松散伸展,分子间的相互作用加强,从而形成一定的网络结构,锁住水分而形成凝胶<sup>[10]</sup>。除明胶以外,蛋白凝胶为不可逆凝胶,而且蛋白质凝胶不象植物多糖形成的凝胶稳定,往往需要一定的处理来使蛋白凝胶达到一个很好的品质。Lodan等<sup>[13]</sup>通过对蛋白质结构的研究结合酸处理来使乳清蛋白形成很好的凝胶。李树红等<sup>[2]</sup>则是通过绕开使鱼糜凝胶软化的组织蛋白酶的作用的温度,来提高鱼糜凝胶的品质。Abdulatef等<sup>[8]</sup>通过向肉制品中加入微生物谷氨转酰胺酶来提高产品的组织结构、凝胶强度和肌肉蛋白品质,这主要是由于在谷氨酸和赖氨酸之间建立交联的结果。然而,有研究<sup>[11]</sup>表明微生物谷氨转酰胺酶对样品有正反两方面的作用,关键取决于共价联结发生在形成水合的三股螺旋区之前还是之后。如果发生在形成过程中或者之后就能增加硬度;如果发生在之前就会破坏胶体强度。

### 3.4 乳化性质

蛋白质中含有亲水的极性氨基酸残基和疏水的非极性氨基酸残基,因此能够吸附到分散的油滴和连续的水相之间的界面上,并影响分散体系得物理和流变性质<sup>[5]</sup>。蛋白质的乳化能力与溶解度成正比,一旦乳状液形成,则不溶的蛋白质起到稳定乳状液的作用。加热处理时,界面上的蛋白质的黏度和硬度降低,其乳化能力也随之降低。当体系中加入其他小分子表面活性剂时,小分子表面活性剂能够替换蛋白质留在界面上,使蛋白质的乳化能力降低。齐军茹等<sup>[14]</sup>通过以下实验得到证实二硫键可能是提高该蛋白乳化活性的重要因素,即用基因工程方法将溶菌酶分子中的75与94位形成的二硫键去除,并没有明显提高蛋白的乳化活性。但去除6与127位和30与115位形成的二硫键其蛋白乳化性将会发生显著的变化。

### 3.5 起泡性质

蛋白质不仅能够吸附到油水界面起到乳化的作用,它还能吸附到气/液界面,形成一个刚性的膜,即产生气泡。蛋白质的溶解度是蛋白质具有良好起泡性的先决条件,蛋白质的起泡性包括了起泡能力和泡沫稳定性两个方面的内容。就起泡能力来讲,它要求蛋白质的分子量尽可能的小,这样才能很快展开并扩散到界面形成薄膜。但另一方面,蛋白质的稳定性要求蛋白质的分子量较大,这样才能相互交联形成稳定的膜结构<sup>[15]</sup>。实际情况

下,只添加蛋白质的溶液的起泡性通常不会很好,一般都会和其他的物质一起,尤其是多糖共同作用来提高起泡能力。多糖的加入使得液膜表面黏度和表面强度都增加,液膜的二表面膜邻近的液体不易排出,液膜厚度变小的速度较慢,因而延缓了液膜破裂时间,增加了液膜的稳定性。同样研究也表明乳清蛋白溶液中加入果胶后能够产生大量的气泡,并具有较好的稳定性,那是由于乳清蛋白有较高的表面粘弹性,在水中具有较强的起泡能力,加入的果胶增加了气泡膜的硬度<sup>[16]</sup>。

### 3.6 其他

蛋白质与风味物质的结合与它特殊的构象有关,主要的结合方式有:通过范德华力相互作用、共价键结合和静电相互作用、氢键、疏水作用,其中通过共价键结合的是不可逆的,改变蛋白质的构象就会影响到它与风味物质的结合。

在面团形成过程中,小麦中的麦醇溶蛋白与麦谷蛋白在揉搓的过程中相互作用,形成三维网状结构,并在醒发过程中通过变性作用固定面团形状。而且在面团的焙烤过程中,蛋白质能慢慢的释放其吸附的水分,提高面制品的品质。

## 4 结 语

通过对蛋白质结构所决定的蛋白质结构性质(包括分子量、两性解离、乳化性质、气泡性质、极性、憎水性等)在食品加工中的所表现出的特有的功能性质的进行的初步探讨。从中可以看出,蛋白质结构性质在整个食品工业的各个环节以及满足人们消费需求方面发挥重要作用。

### 参考文献

- [1] 范玉贞.蛋白质中的螺旋结构与功能[J].生物学通报,1996,31(1):20-22.
- [2] 李树红.肌组织蛋白酶B、L的纯化鉴定及水解肌球蛋白的研究[D].北京,中国农业大学,2004
- [3] 刘玲玉.蛋白质折叠的研究进展[J].内蒙古农业科技.2003(s2):50-54.
- [4] 宁正祥.食品生物化学[M].华南理工大学出版社:26-27.
- [5] 阚建全.食品化学[M].中国农业大学出版社:278-279.
- [6] 葛世军,王璋等.改性蛋白质结构与功能性质关系的研究[J].大连轻工业学院学报.1990,9(3,4):43-49.
- [7] 袁慧君.蛋白质结构与功能研究进展与新生肽链的折叠[J].河南职技师院学报,1997,25(1):33-35,49.
- [8] Abdulatef Mrghni Ahhmed,Rumiko Kuroda. Dependence of microbial transglutaminase on meat type in myofibrillar proteins cross-linking[J].Food Chemistry 112(2009) 354-361.
- [9] Abdelkader HadjSadok, Anne Pitkowski et al. Characterisation of sodium caseinate as a function of ionic strength,pH and temperature using static and dynamic light scattering [J]. Food Hydrocolloids 22(2008) 1460-1466.
- [10] Z. Pietrasik,A.Jarmoluk et al. Effect of non-meat proteins on hydration and textural properties of pork meat gels enhanced with microbial transglutaminase[J]. LWT 40 (2007) 915-920.
- [11] Matthew S. Lin, Nicolas Lux Fawzi et al. Hydrophobic Potential of Mean Force as a Solvation Function for Protein Structure Prediction[J].cell press.004(2007) 727-740.
- [12]王洪晶,华欲飞.大豆分离蛋白凝胶研究进展[J].粮食与油脂.2005,2:3-4.
- [13] Lodan Rahiey,Michel Britten.Effect of protein composition on the rheological properties of acid-induced whey protein gels.Food Hydrocolloids 23(2009): 973-979.
- [14] 齐军茹,彭志英.蛋白质乳化活性与分子结构的关系[J].中国食品添加剂.2004,2:25,35,45,55.
- [15]赵国玺,朱步瑶.表面活性剂作用原理[M].中国轻工业出版社:535-548.
- [16] I.Narchi,Ch.Vial et al.Effect of protein polysaccharide mixtures on the continuous manufacturing of foamed food products[J].Food Hydrocolloids 23(2009)188-201.